

**PRV**

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

PCT / SE 2004 / 0.01497

**Intyg  
Certificate**

REC'D 03 NOV 2004

WIPO

PCT

*Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.*

*This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.*



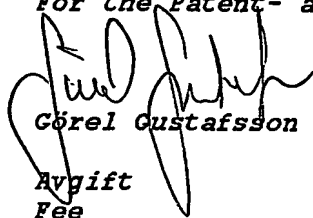
(71) Sökande                      Feralco AB, Helsingborg SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    0401887-5  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      2004-07-19  
Date of filing

Stockholm, 2004-10-26

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

  
Görel Gustafsson  
Avgift  
Fee

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004-07-19

**FERALCO AB****METOD FÖR BEHANDLING AV SLAM****5 Uppfinningens område**

Uppfinningen hänför sig till behandling av slam från vattenverk och liknande slam från industriprocesser, såsom pappersindustri. Mer specifikt hänför sig uppfinningen till en metod samt en anläggning för behandling av slam, vilket  
10 innehåller utfälld aluminium- och/eller järnhydroxid, varvid slammet först tillsätts syra och därefter utsätts för åtminstone en membranfiltreringsprocess.

**Tidigare teknik**

När renvatten skall framställas från ytvatten måste i  
15 de flesta fall suspenderade ämnen och organiskt material avskiljas. Sådant organiskt material är vanligen brunfärgade substanser, s.k. humusämnen. Dessa ämnen bildas vid ofullständig nedbrytning av döda växter och förekommer naturligt i varierande mängd i sjöar och vattendrag.

20 En avskiljning av suspenderade ämnen minskar vattnets turbiditet och en avskiljning av humus reducerar vattnets missfärgning.

För att kunna åstadkomma denna avskiljning är det vanligt att man tillsätter oorganiska fällningskemikalier,  
25 såsom trevärdade metallsalter av järn och aluminium. Metalljonerna bildar härvid, under långsam omrörning, hydroxidflockar, som innesluter och adsorberar det suspenderade materialet och de i vattnet lösta organiska ämnena.

Efter avslutad flockning avskiljes de bildade flock-  
30 arna på olika sätt, såsom genom flotation/sandfiltrering, sedimentation/sandfiltrering eller enbart sandfiltrering. De avskilda flockarna pumpas som tunnslam ut från anläggningen, direkt tillbaka till recipienten eller till en slamlagun. Alternativt avvattnas slammet, t.ex. i en centrifug, för att därefter deponeras. I varmare länder kan  
35 slammet läggas på torkbäddar, för att därefter deponeras.

2004-07-19

En annan alternativ metod att ta hand om tunnslammet är att tillföra en syra, företrädesvis svavelsyra. Vid tillförsel av en tillräcklig mängd syra går den under flockuleringsprocessen tidigare bildade metallhydroxiden i lösning, så att fria metalljoner bildas, huvudsakligen  $\text{Fe}^{3+}$  och  $\text{Al}^{3+}$ . Då metallhydroxiden har lösts upp erhålles således en slamblandning med lågt pH, vilken innehåller suspenderade ämnen, organiska ämnen och oorganiska joner. Denna slamblandning kan sedan filtreras i en membranfilteringsprocess, så att ett koncentrat samt ett permeat erhålls. Som ett resultat härav innefattar permeatet huvudsakligen de oorganiska fällningskemikalierna i lösning.

I detta sammanhang avser termen "membranfiltreringsprocess" en separationsprocess där den drivande kraften utgörs av en skillnad i kemisk potential över membranet. Den drivande kraften - den kemiska potentialskillnaden - kan uppnås på olika sätt i olika membranprocesser; den kan vara ett pålagt tryck, en koncentrations- eller temperaturskillnad, eller en elektrisk potentialskillnad. Separationsmekanismen baseras på en lösningsteori, i vilken de lösta ämnas löslighet och diffusivitet i membranet är avgörande.

Olika typer av membran används i de olika membranprocesserna. I många processer används membran med stora porer (t.ex. mikrofiltrering), medan membranerna i andra processer har små porer (t.ex. omvänd osmos). Vissa processer grundar sig på att membranerna är elektriskt laddade (t.ex. nanofiltrering), medan membranens eventuella laddning inte påverkar den huvudsakliga separationsmekanismen i andra processer (t.ex. mikrofiltrering). Slamblandningen leds således till en första membranfiltreringsanordning, vilken kan vara en ultrafiltreringsanordning eller en mikrofiltreringsanordning.

Vid ultrafiltrering (UF) avgör framförallt storleken på partiklarna vad som skall avskiljas och vad som ska passera igenom membranet. Silmekanismen dominerar alltså, men

diffusion och interaktioner mellan membran och de lösta ämnen är också av betydelse. Avskiljning med mikrofiltrering (MF) är fullständigt baserad på en silmekanism, och storleken på porerna är den helt avgörande faktorn för vad som kommer att passera igenom membranet.

Slamblandningen pumpas således genom en MF-anordning eller en UF-anordning. MF-anordningen avskiljer i huvudsak suspenderade ämnen och kolloider, men inte lösta organiska ämnen, medan UF-anordningen även avskiljer större organiska molekyler.

Filtreringen, med hjälp av en MF/UF-membranfiltreringsanordning, resulterar således i ett koncentrat, bestående av huvudsakligen suspenderade ämnen och organiska föreningar som inte kan passera filtret, och ett permeat, bestående av huvudsakligen vatten med oorganiska joner, såsom  $\text{Al}^{3+}$  och  $\text{Fe}^{3+}$ , som passerar igenom nämnda filter. På detta sätt kan upp till 90% av den i flockningsprocessen använda mängden aluminium- och järnjoner återfinnas i permeatet. Permeatet kan därmed användas som fällningsmedel i både avlopps- och vattenverk. Permeatet kommer dock även att innehålla lösta organiska ämnen med mindre molekyylvikt samt sådana tungmetaller, som liksom aluminium- och järnjoner gått i lösning vid syrabehandlingen, vilket är en nackdel. Både tungmetaller och organiska ämnen kommer på detta vis att ackumuleras i systemet och ständigt öka i koncentration, vilket kan leda till en försämrad kvalitet på det behandlade vattnet. Eftersom renvatten räknas som livsmedel kan även hälsovårdande myndigheter och allmänhet ha invändningar mot att en inte helt "ren" produkt används som fällningsmedel i vattenverk. Samma problem föreligger dock inte om det erhållna permeatet används som fällningsmedel vid behandling av avloppsvatten, som inte används såsom dricksvatten.

För att öka halten av aluminium- och järnjoner i nämnda permeat kan en koncentrerings utföras i en nanofiltreringsanordning (NF) eller i en omvänd osmos-anordning

(RO). Vid NF avskiljs föreningar enligt två separationsprocesser. Oladdade föreningar avskiljs med avseende på storlek, medan eventuell retention av joner beror på den elektriska interaktionen mellan jon och membran. Om permeatet  
5 filtreras med en NF-anordning kommer således trevärda joner, d.v.s.  $\text{Fe}^{3+}$  och  $\text{Al}^{3+}$ , att kvarhållas i koncentratet, medan joner med lägre laddning till viss del passerar genom membranet och återfinns därmed i permeatet. Om den ytterligare koncentrationen utförs med hjälp av en RO-anordning  
10 kvarhålls även joner med lägre laddning i koncentratet, medan permeatet är i det närmaste fritt från joner. Det erhållna koncentratet, både från en NF- eller en RO-anordning, kan återanvändas som fällningsmedel, dock med samma förbehåll som vad ovan anförts för UF/MF permeat.

15 För att de med membranprocesser återvunna järn- och/eller aluminiumjonerna skall kunna återanvändas som fällningsmedel i vattenverk, krävs ytterligare en rening med avseende på organiska ämnen och tungmetaller.

US 5,674,402 beskriver en process där uppkoncentrationen sker genom utfällning av Al, i form av alunite, vilket innebär att alunite dels måste upparbetas, genom att  
20 upplösas i syra, för att få en vattenlöslig fällningskemikalie, och dessutom kalcineras för att avlägsna en medutfälld organisk substans. Utfällning av alunite ger inte heller en produkt som är fri från tungmetaller, vilket leder  
25 till att det kan vara svårt att uppfylla kraven för kemikalier i dricksvatten med hjälp av denna process.

#### **Sammanfattning av uppfinningen**

Ett ändamål med uppfinningen är att tillhandahålla en  
30 metod som renframställer en produkt, innehållande järn- och/eller aluminiumjoner, vilken utvunnits från vattenverk, eller liknande industriprocesser, såsom pappersindustri, med hjälp av membranprocesser, så att den renade produkten kan användas som flockningsmedel i vattenverk, liknande in-

2014-07-10

dustriprocesser, såsom pappersindustri, och/eller avloppsverk.

5 Ett annat ändamål med uppfinningen är att tillhanda-  
hålla en metod som möjliggör återanvändning av fällningsme-  
del från slammet i ett vattenverk.

Ett annat ändamål med uppfinningen är att tillhanda-  
hålla en metod som reducerar behovet av fällningsmedel i  
vattenverk.

10 Ytterligare ett ändamål med uppfinningen är att er-  
hålla en produkt med hög koncentration av aluminium-  
och/eller järnjoner, vilket nedbringar transportkostnaden.

Ett annat ändamål av uppfinningen är att använda en  
restprodukt för fosforreduktion i avloppsreningsverk.

15 För att uppfylla dessa ändamål har en metod och en  
anläggning erhållit de kännetecknande särdragen enligt krav  
1-16.

#### **Kortfattad beskrivning av ritningar**

20 För att förklara uppfinningen mer detaljerat kommer  
illustrerande utföringsformer därav att beskrivas nedan,  
med hänvisning till bifogade ritningar, på vilka;

Fig. 1 är ett flödesdiagram av en första utförings-  
form av föreliggande uppfinning med behandling av koncent-  
rat från NF/RO-anläggning eller permeat från MF/UF-  
anläggning,

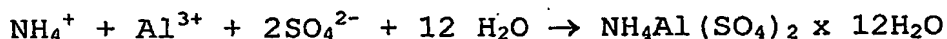
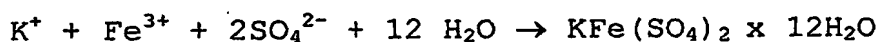
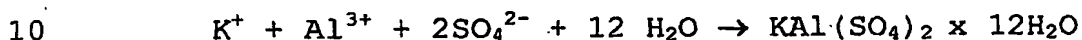
25 Fig. 2 är ett diagram som visar Al-halten i en mättad  
alun-lösning som funktion av temperaturen, och

Fig. 3 är ett flödesdiagram som visar separering i  
ett alunkristallisationssteg.

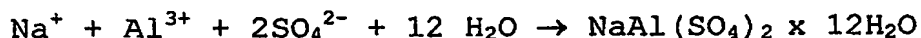
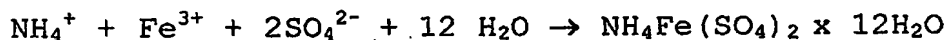
#### **Detaljerad beskrivning av föredragna utföringsformer**

30 I en första utföringsform av uppfinningen, i enlighet  
med Fig. 1, leds ett koncentrat A, från en nanofiltrerings-  
anordning (NF) eller i en omvänd osmos-anordning (RO), från  
en slambehandlingsanläggning B till ett alunkristallisa-  
tionssteg C, där kalium-, natrium- och/eller ammoniumsulfat  
35 D tillsätts i stökiometrisk mängd eller i överskott. Om

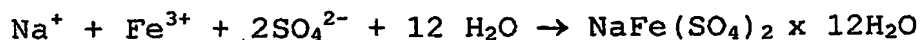
koncentratet A tillsätts en stökiometrisk mängd eller ett överskott av kalium-, natrium- och/eller ammoniumjoner, fördraget kalium och/eller ammoniumjoner, företrädesvis i form av kalium-, ammonium- och/eller natriumsulfat, kommer  
5 en kristallisation/utsaltning och utfällning av alun i form av kalium/natrium/ammonium-aluminiumsulfat och/eller kalium/natrium/ammonium-järnsulfat att ske, enligt följande reaktionsformler:



15



20



(Ovanstående föreningar finns även med 6 kristallvatten)

25

Motsvarande utsaltning av tvåvärda metalljoner sker ej, vilket innebär att dessa finns kvar i lösning. Detta innebär att det utfällda saltet i princip blir fritt från tungmetaller, som vanligen är tvåvärda. Eftersom att även Fe kommer att finnas i tvåvärd form måste Fe först oxideras  
30 med lämpligt oxidationsmedel, såsom ozon och väteperoxid, eller aktivt klor, såsom klorgas, klorat och natriumhypoklorit. Här föredras oxiderande föreningar innehållande aktivt syre, eftersom klor tillsammans med organiska ämnen kan bilda toxiska och karcinogena, klorerade kolväten.

2004-07-19

Inblandning och kristallisation sker under omrörning. Kristallisation av kalium/ammonium/natrium-aluminiumsulfat och/eller kalium/ammonium/natrium-järnsulfat är starkt temperaturberoende, vilket t.ex. innebär att en ingångshalt av 2,5 % Al medför att en mättad processlösning, efter tillsats av kaliumsulfat, kommer, vid rumstemperatur, att innehålla 0,5 % Al. Med hänsyn till viktförändringarna innebär detta ett reaktionsutbyte (utsaltningsutbyte) på knappt 90% (se Fig. 2). Kristallisationen i alunkristallisationssteget C utförs föredraget vid låg temperatur, såsom maximalt 25 °C, och ännu mer föredraget maximalt 20 °C. Lösningen i alunkristallisationssteget C kan här även tryckförhöjas och pH-justeras. Denna pH-justering kan utföras med lämplig bas, såsom t.ex. kaliumhydroxid, natriumhydroxid, natriumkarbonat, magnesiumhydroxid, magnesiumoxid och magnesiumkarbonat, separat eller i kombination. En lösning E, matas ut från alunkristallisationssteget C till ett alunsepareringssteg F.

De i alunkristallisationssteget C bildade kristallerna har mycket goda sedimenterings- och filtreringsegenskaper, vilket medför att dessa kan separeras från föroreningar, såsom lösta organiska ämnen och tvåvalenta metaller, i alunsepareringssteget F, såsom visas i Fig. 3. Vid en filtrering erhålls en mycket torr filterkaka, med en torrshetshalt i storleksordningen 90 till 95 % TS (torrsbstans). Ett filtrat G, innehållande den organiska resten och eventuella tungmetaller, förs lämpligen tillbaka till en syraupplösningsdel i slambehandlingsanläggningen B. På så vis kan aluminium-utbytet förbättras. Detta innebär att vissa metaller kommer att ackumuleras i processen. Därför bör flödena tas ut ur procerssen och neutraliseras med jämna mellanrum, för att framförallt ta hand om tungmetaller.

Detta filtrat G kan t.ex. fortfarande användas som fällningsmedel i ett avloppsreningsverk, där lösningen med



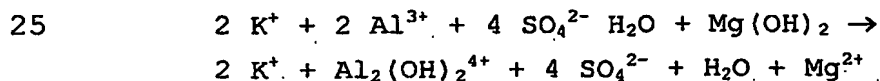
fördel används för samtidig utfällning av fosfor i reningsanläggningens biosteg, så kallad simultanfällning.

Om det tidigare avskiljandet har skett i ett UF-filter kommer endast mindre organiska molekyler att förekomma i lösningen, vilka molekyler lätt bryts ned i biosteget, samtidigt som de kvarvarande aluminium- och/eller järnjonererna kommer att fälla ut fosfor.

En i alunsepareringssteget avskild fällning H kan användas direkt, efter upplösning i företrädesvis uppvärmt vatten för att öka upplösningen (Fig. 2), som ett vattenreningsmedel, men fällningen H leds föredraget till ett produktanpassningssteg I för att erhålla egenskaper, som är bättre anpassade till den specifika vattenverkskundens behov.

I produktanpassningssteget I genomförs en kontrollerad alkalisering med hjälp av företrädesvis magnesiumoxid-slurry eller magnesiumhydroxid-slurry, men även  $MgCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $NaOH$ ,  $NaAl(OH)_4$  eller  $KOH$ , i enlighet med reaktionsformel 1 nedan:

Reaktionsformel 1:

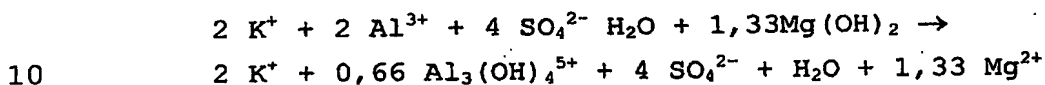


Alkaliseringen i reaktionsformel 1 kan uttryckas som en molkvot mellan hydroxidjoner och aluminiumjoner  $OH/Al = 1,0$ . Med tanke på att en fullständig alkalisering av aluminium har molkvoten  $OH/Al=3,0$ , så innebär reaktionsformeln ovan att aluminiumet har en basicitet eller en alkaliseringsgrad på 33% ( $1 / 3 = 33,33\%$ ).

Produktanpassningssteget kan operera över ett större område, med avseende på alkalisering, täckande 0 - 82% alkalisering.

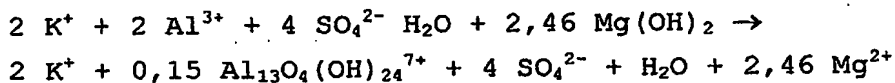
Exempel på högre alkalisering kan beskrivas med hjälp  
5 av reaktionsformel 2 och 3 nedan.

Reaktionsformel 2:



Molkvot OH/Al = 1,333 eller alkaliseringsgrad = 44%  
(1,333 / 3 = 44,44%).

15 Reaktionsformel 3:



20 Molkvot OH/Al = 2,461 eller alkaliseringsgrad = 82%  
(2,461 / 3 = 82,03%).

I reaktionsformel 1, 2 eller 3 ovan kan kalium ersättas med ammonium eller natrium, och  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , som det alkaliserande medlet, kan ersättas med  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  
25  $\text{NaAl}(\text{OH})_4$  eller  $\text{KOH}$ . Mest föredragna som alkaliserande medel är dock  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  och  $\text{MgO}$ .

Med hjälp av denna reaktion bildas polyaluminiumprodukter  $(\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+})$ ,  $\text{Al}_3(\text{OH})_4^{5+}$  och/eller  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$ . Dessa  
30 polyaluminiumprodukter förändrar lösligheten. När Al-joner binds till allt större komplex drivs reaktionen åt höger, vilket innebär en ökad löst mängd aluminium. Lösligheten vid 20 °C för kaliumalun i vatten är 0,6 % Al. Lösligheten vid 20 °C för en 50 %-igt alkaliserad kaliumalun i vatten  
35 är 1,6 % Al. Lösligheten har alltså i detta fall ökat 2,67

ggr, på grund av alkaliseringen. På så vis kan man eliminera uppvärmningen av vattnet.

Efter produktanpassningssteget I kan den erhållna aluminiumprodukten återanvändas som fällningskemikalie.

5 I en tredje utföringsform leds ett RO-koncentrat från en slambehandlingsanläggning till ett alunkristallisationssteg C. I detta fallet är slambehandlingsanläggning B en RO-anläggning istället för en NF-anläggning.

10 I en fjärde utföringsform leds ett MF- eller UF-permeat från en slambehandlingsanläggning till ett alunkristallisationssteg C. I detta fallet är slambehandlingsanläggning B en MF- eller UF-anläggning B\* istället för en NF-anläggning B, och ett permeat A\*, istället för koncentratet A, leds till alunkristallisationssteget C, i enlighet med  
15 Fig. 1. I övrigt följer processen de ovan angivna utföringsformerna.

Vid behandling av slam från vattenverk med hjälp av membranprocesser, kommer MF/UF-permeatet eller NF/RO-koncentratet att innehålla järn- och/eller aluminiumjoner med  
20 sulfatjoner som motjon, samt även de upplösta tungmetalljoner, som kan förekomma i det i vattenverket behandlade råvattnet och som därmed även kommer att förekomma i slammet från vattenverket. Förutom dessa tungmetaller, som oftast utgörs av tvåvärdade joner, såsom  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  och  $\text{Ni}^{2+}$ , förekommer  
25 mer lösta organiska ämnen.

Reaktionsutbytet gynnas även av en hög koncentration av aluminium- och/eller järnjoner, varför koncentrerings via en NF- eller RO-anläggning är att föredra. Kristallisation/utsaltnings gynnas även av ett förhöjt tryck, vilket  
30 ökar utbytet. Om det är nödvändigt kan lösningen även pHjusteras med natrium- eller kaliumhydroxid, dock ej så långt att en utfällning av aluminium- och/eller järnhydroxid sker.

I ytterligare en utföringsform tillsättes en sulfidförening slammet i samband med att slammet surgjorts,  
35

d.v.s. innan det surgjorda slammet genomgår en första membranfiltreringsprocess, för att avlasta NF/RO-steget från eventuellt höga tungmetallhalter. Detta innebär att huvuddelen av tungmetallerna avskiljs redan vid MF/UF-steget och kommer således att återfinnas i det organiska permeatet. I och med detta kan processen för att med jämna mellanrum neutralisera filtratet G, från alunseparationssteget F, minimeras. Detta ger även ett högre utbyte Al för återvinning. Denna metod kan dock endast användas om ett aluminiumsalt har använts som flockningsmedel, eftersom aluminium, till skillnad från järn, ej utfälls som metallsulfid. Som sulfidkälla kan natriumsulfid eller polysulfider användas. Vid tillförsel av sulfidjoner kommer de att, tillsammans med de i slammet förekommande tungmetalljonerna, bilda mycket svårslösliga metallsulfider. Metallsulfiderna är så stabila att de i mycket liten grad kommer att gå i lösning i den sura miljö som det surgjorda slammet utgör. Metallsulfiderna, som utfällts på detta sätt, kommer att hållas kvar i MF- eller UF-koncentratet, varvid ett nära nog tungmetallfritt permeat erhålls.

MF- eller UF-permeatet eller NF- eller RO-koncentratet, vilket fortfarande innehåller organiska ämnen, kan, oavsett om det behandlas med sulfid eller ej, oxideras på det ovan beskrivna sättet för den utsaltade fällningen. Därmed erhålls ett MF- eller UF-permeat eller NF- eller RO-koncentrat, som kan återföras direkt till det vattenverk från vilket slammet genererades.

**PATENTKRAV**

1. Metod för behandling av slam, vilket innefattar utfälld aluminium- och/eller järnhydroxid, varvid slammet först tillsätts syra och därefter utsätts för åtminstone en membranfiltreringsprocess, varvid ett permeat alternativt ett koncentrat erhålls, innefattande trivalenta aluminium- och/eller järnjoner i lösning, k ä n n e t e c k n a d a v att aluminium- och/eller järnjonerna i permeatet, alternativt koncentratet, kristalliseras/utsaltas i en fällning.  
5  
10
2. Metod enligt krav 1, vari fällningen sedan genomgår ett produktanpassningssteg (I).
3. Metod enligt krav 2, vari produktanpassningssteget (I) innefattar en alkalisering.  
15
4. Metod enligt krav 2, vari en aluminiumprodukt från produktanpassningssteget (I) kan återanvändas, som fällningskemikalie, direkt i ett vattenverk.  
20
5. Metod enligt krav 1, vari kristalliseringen/utsaltningen sker genom tillsats av kalium-, natrium- och/eller ammoniumsulfat.  
25
6. Metod enligt krav 1, vari kristalliseringen/utsaltningen utförs vid låg temperatur.
7. Metod enligt krav 1, vari kristalliseringen/utsaltningen utförs efter det att pH-värdet justerats.  
30
8. Metod enligt krav 7, vari pH-värdet justeras med hjälp av kaliumhydroxid, natriumhydroxid, natriumkarbonat, magnesiumhydroxid, magnesiumoxid eller magnesiumkarbonat, separat eller i kombination.  
35

9. Metod enligt krav 1, vari den i kristallisatio-  
nen/utsaltningen erhållna lösningen används som fällnings-  
medel i liknande industriprocesser, såsom pappersindustri,  
5 eller avloppsreningsverk.

10. Anläggning för behandling av slam, som behandlats  
i en slambehandlingsanläggning (B, B\*), varvid ett permeat  
alternativt ett koncentrat erhålls, k ä n n e t e c k n a d  
10 a v

ett alunkristallisationssteg (C), till vilken permea-  
tet, alternativt koncentratet, leds,

ett alunseparationssteg (F), till vilket en lösning  
(E) leds.

15

11. Anläggning för behandling av slam enligt krav 10,  
k ä n n e t e c k n a d a v

ett produktanpassningssteg (I), till vilken en fäll-  
ning (H) från alunseparationssteget (C) leds.

20

P  
4  
8  
5  
6  
0  
0  
0  
4

**SAMMANDRAG**

Metod för behandling av slam, vilket innefattar utfälld aluminium- och/eller järnhydroxid, varvid slammet först tillsätts syra och därefter utsätts för åtminstone en membranfiltreringsprocess, varvid ett permeat alternativt ett koncentrat erhålls, innefattande trivalenta aluminium- och/eller järnjoner i lösning. Aluminium- och/eller järnjonerna i permeatet, alternativt koncentratet, kristalliserar/utsaltas sedan i en fällning.

10

Offentliggörs med Fig. 1.

P4856-07-16

1/3

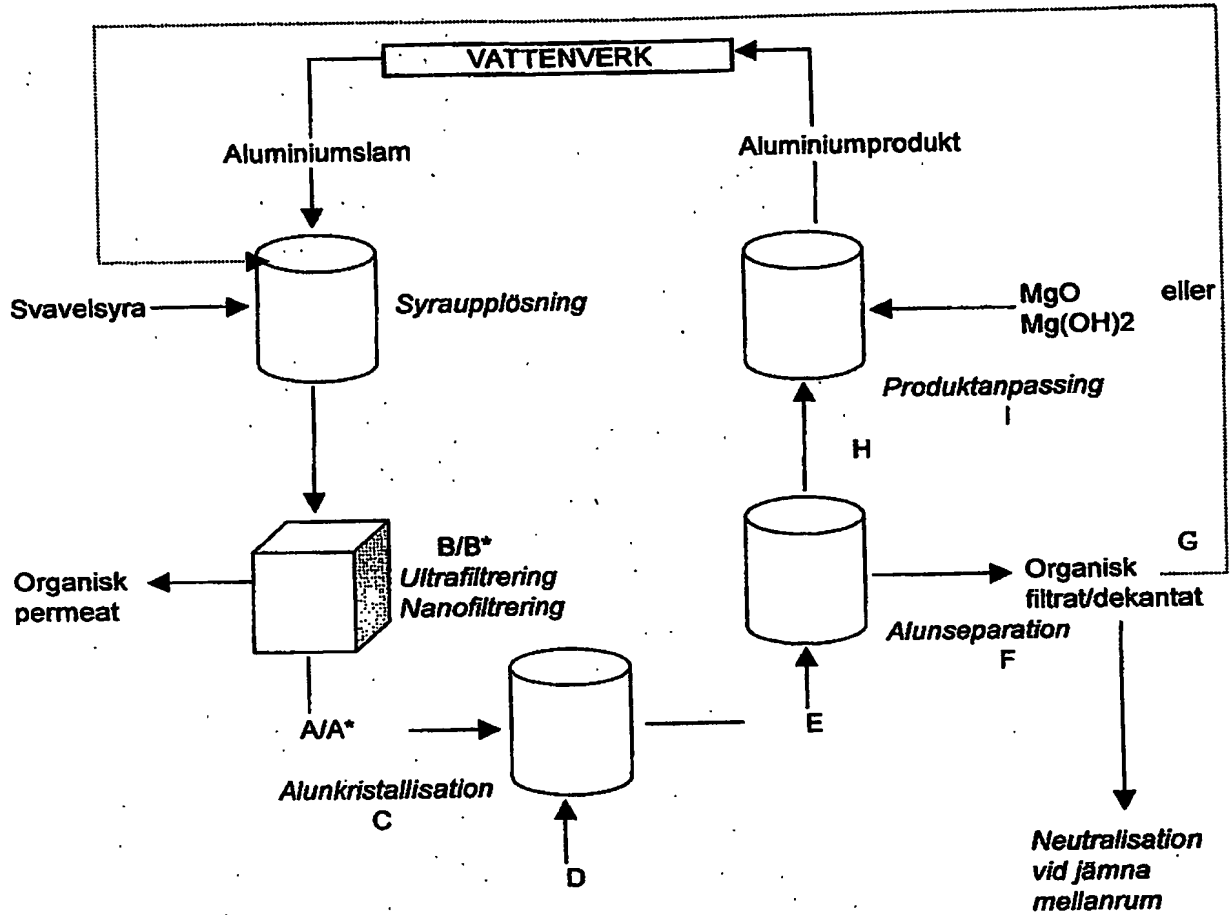


Fig. 1



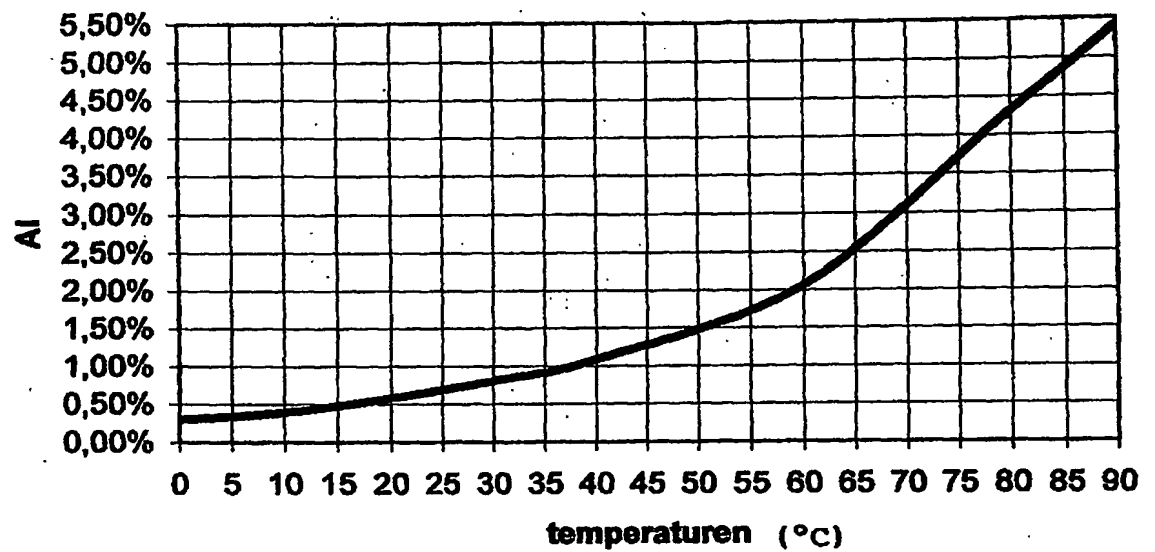
**Al-halten i en mättad alunlösning**

Fig. 2

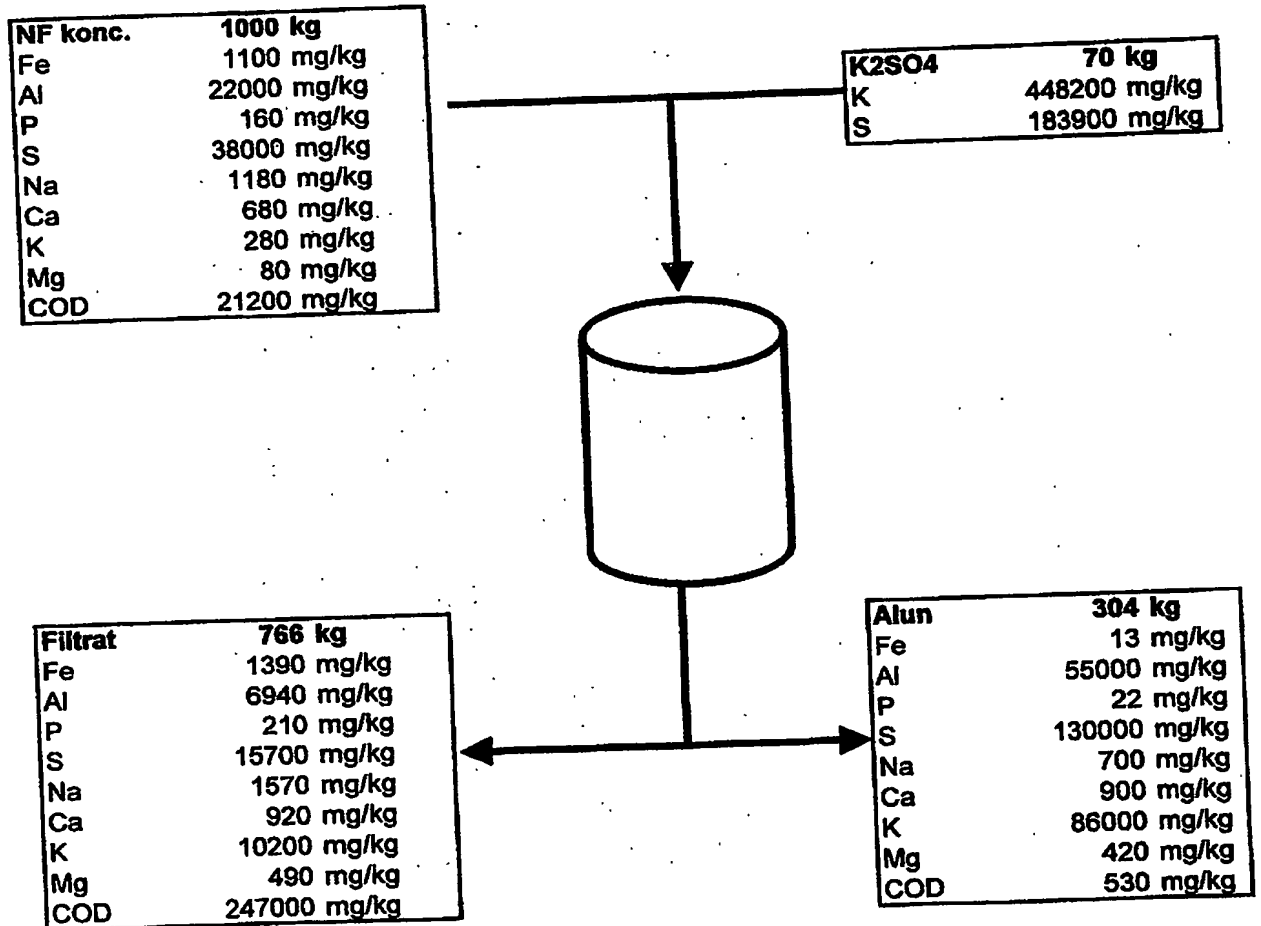


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**